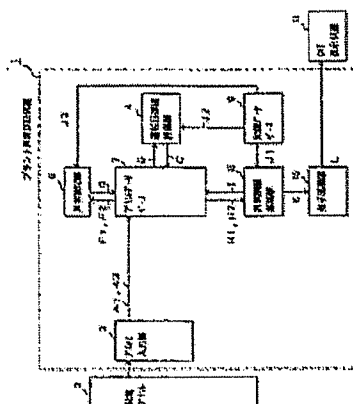


**Publication number:** JP4175694  
**Publication date:** 1992-06-23  
**Inventor:** SAEKI AKIRA  
**Applicant:** MITSUBISHI ELECTRIC CORP  
**Classification:**  
- international: G21C17/00; G05B23/02; G06F9/44; G06N5/04;  
G21D3/04; G21C17/00; G05B23/02; G06F9/44;  
G06N5/00; G21D3/00; (IPC-7): G21C17/00  
- European:  
**Application number:** JP19900305503 19901108  
**Priority number(s):** JP19900305503 19901108

[Report a data error here](#)

**PURPOSE:**To identify the cause of abnormality in an atomic power plant with high accuracy by providing a knowledge base for the characteristics of a plant forming device, etc. and a means which estimates the prospective causes of abnormality and judges a prospective cause whose measurement signal coincides with the fluctuation of the amount of processing, etc. to be the first cause of the abnormality, which amount of processing can be inferred from the prospective causes. **CONSTITUTION:**The process input portion 3 of a plant abnormality diagnosing device 1 stores the amount A1 of processing of a power plant 2 and the operating state A2 of equipment on a plant data base 7. An operation desired value evaluating portion 4 inputs data B on the state of the plant and calculates a desired value C following the evaluation method J2 of an operation desired value stored on a knowledge data base 9. An abnormality detecting portion 6 detects abnormalities from state data F1 of the amount of processing, the deviation of an operation desired value F2 and a threshold J3 used for judging abnormalities. An inference portion 8 for the causes of abnormalities infers the primary cause of an abnormality from data H1 on detected abnormalities, state data H2 and function knowledge J1, and outputs the result K of diagnosis.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

## ⑫ 公開特許公報(A) 平4-175694

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)6月23日

G 21 C 17/00

7808-2G

G 21 C 17/00

GDP P

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全16頁)

⑭ 発明の名称 プラントの異常診断装置

⑮ 特 願 平2-305503

⑯ 出 願 平2(1990)11月8日

⑰ 発 明 者 佐 伯 昭 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社  
産業システム研究所内  
⑱ 出 願 人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号  
⑲ 代 理 人 弁理士 大岩 増雄 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

プラントの異常診断装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 物理的プロセスや化学的プロセスを利用してエネルギーや物質を生成するプロセスプラントからの観測信号の異常を検知し、その原因を同定し、プラント運転員にその結果を提供するプラント異常診断装置において、上記プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性を記述した知識を格納した知識ベースと、検知された異常およびその他の観測信号から異常原因候補を推定し、その候補から推定できるプロセス量の状態、機器の動作の変動と観測信号とが一致する原因候補を異常の第1原因と判定する手段を備えたことを特徴とするプラントの異常診断装置。

(2) プラントから得られるプラントの運転モードを決めるパラメータをもとに実時間でプラント全系の挙動を推定する手段と、その推定結果と上記プラント観測値との比較により異常を検知すると、

異常原因候補の推定に利用することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラントの異常診断装置。

(3) 異常原因候補の推定において、上記プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性を階層的に構造化することにより、異常の第1原因が判明しない場合でも、第1原因を包含した異常原因として同定結果を提供する手段を備えたことを特徴とするプラントの異常診断装置

(4) 異常第1原因の推定と同時に、上記プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性を記述した知識に基づき、異常状態を正常に復帰するために動作すべき機器が動作しない不動作故障も同定する手段を備えたことを特徴とするプラントの異常診断装置。

## 3 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、原子力プラントのような大規模な発電プラントに発生する異常事象を診断する異常診断装置に関するものである。

## 〔従来技術〕

プラントの運転は、その運転状態を表わす物理量、例えばプラント出力、圧力等を指標として行われる。プラントの運転に支障となる異常は、これらの状態量が、正常領域を逸脱したときに警報などにより検知される。異常が発生した場合は、正常状態に復旧する必要があるが、これには異常原因の同定と、プラント構成機器の制御動作の状態を判定する必要がある。これらの作業は、主に運転員が実行するが、プラント運転に対する信頼性向上の立場から、種々の診断方法が提案されている。

第19図は従来のプラント異常診断装置を示す構成図である。図において、プラント異常診断装置(1)は、発電プラント(2)よりプロセス量A1、機器の動作状態A2を読み込み、プラントデータベース(7)に記録するプロセス入力部(3)と、上記プラントデータベース(7)から読み込んだプロセス量の状態データFの異常を検知し、検知した異常データGを上記プラントデータベース(7)へ記

に記録するステップである。

異常検知処理(522)(523)は、異常検知部(6)で実行され、プラント状態データが予め定めた正常範囲から逸脱しているかどうかを常時監視し(522)、異常が発生すれば、その結果Gをプラントデータベース(7)の該当場所(22)に記録する(523)ステップである。この正常範囲には、例えば警報設定値などが用いられる。

異常原因推定処理(524)～(528)は、異常原因推論部(8)で実行され、異常検知部(6)により異常が検知された場合、上記プラントデータベース(7)に格納された検知異常H1とプラントのデータの値H2から異常原因を推論するステップである。異常原因推論は、知識データベース(9)に格納された異常原因の因果関係の中から、プラントデータベース(7)に格納された異常のパターンに一致する知識を探す(524)ことにより異常原因を同定する。異常原因に関する因果関係の知識は、例えば、第21図に示したようなIf(条件部)Then(結論部)の形式で表現されている。条件部には、

録する異常検知部(6)と、異常原因を判定するための因果関係を記述した知識を記録する知識データベース(9)と、上記プラントデータベース(7)から読み込んだ検知異常データH1、プラント状態データH2と、知識データベース(9)から読み込んだ因果関係知識Jにより異常第1原因の推論を行い、推論過程結果Iを上記プラントデータベース(7)へ記録し、最終の診断結果Kを表示装置(10)へ出力する異常原因推論部(8)と、診断結果Kを運転員に分かりやすい形式に変換した結果LをCRT表示装置(11)に出力する処理を行う表示処理部(10)とからなる。

次に動作について説明する。

第20図は、従来のプラント異常診断装置における異常原因推定方式を説明するための説明図である。診断は、一定周期毎に図に示すプロセス入力(521)、異常検知判定(522)(523)を繰り返す。プロセス入力処理(51)は、プロセス入力部(3)で実行され、プラントからデータ入力を入力し、単位変換し、プラントデータベース(7)の該当場所

プロセス量の状態あるいはプラント機器の動作状態が条件として与えられる。この条件部に合致するデータがプラントデータベース(7)に格納されていれば、結論部が成立すると判定する(525)。その推論仮説結果が異常の第1原因であれば、この診断結果Kを表示処理部(10)へ送り(526)、第1原因でなければ、推論過程仮説としてプラントデータベース(7)に格納する(527)。知識データベース(9)に条件部が合致する因果知識が存在しなくなった時点で処理が終了する(528)。

この推論結果Kは、表示処理部(10)により所定の表示形式のデータLに変換され、CRT表示装置(11)に出力される(529)。

## 〔発明が解決しようとする課題〕

従来のプラントの異常診断装置は以上のように構成されているので、次のような問題があった。

(1) 知識データベースに格納される異常原因とそれから派生する異常パターンに関する個々の知識は本質的に同等なので、システムが大規模化、あるいは、診断対象範囲が広がるとともに、知識ベ

ースの規模が飛躍的に増大し、異常原因推論部(5)での推論時における知識データの探索に時間がかかり、異常に対する迅速な対応が困難になるという問題があった。

また、予め知識データベースに格納されている異常原因に関する因果関係の知識に合致するような故障が発生した場合には診断が可能であるが、想定していないような事象、異常パターンが発生した場合には、原因を同定することができなかった。この問題を回避するには、発生しうるすべての故障原因を予め想定しなくてはならないが、現実的でない。また、故障から発生する異常パターンも、時間の経過とともに変動するので、これを予め網羅することは困難であるという問題があった。特に、運転状態が変動しているプラントに発生した異常の原因とそのパターンを予め想定することは困難であった。

(2) 異常検知部の異常の判定で、予め定めた範囲により異常の判定を行う方式では、プラントの運転状態の変動時には、正常状態でもプラント動特

性により、上記の正常範囲外の状態となる場合があり、異常と誤検知する問題がある。また、このような誤警報を避けるため、プラントに設定されている警報の多くは、正常範囲を広く設定していることがある。そのため実際に異常が発生しても、警報設定点に到達するまで診断が開始されず、警報が発生した時点では、すでにプラントを正常に復帰することが困難になってしまうような問題があった。

(3) 知識データベースの知識ベースは、異常の原因とその波及パターンの関係の知識を格納しているため、直接の異常原因が判明するまで診断結果を提示できない問題点があった。

(4) 知識データベースの知識ベースは、異常の原因とその波及パターンの関係の知識を格納しているため、検知された異常の直接の原因ではない制御系機器の不動作、すなわち、異常を正常な状態に復帰するために作動すべき機器の不動作故障を同定することができない問題があった。

この発明は、上記のような問題点を解消するた

めになされたもので、

(1) 異常発生時のプラントの多様な状態変動から異常原因を判断できるとともに、

(2) プラントの運転状態が変動している場合にも、精度良く異常を検知し、異常原因同定ができるとともに、

(3) 異常第1原因が判明しない場合でも、異常原因を包含した異常事象として原因を提供できるとともに、

(4) 異常を正常に復旧するための機能を有した機器の故障も異常の第1原因とともに同定できるプラントの異常診断装置を得ることを目的としている。

〔課題を解決するための手段〕

この発明に係るプラントの異常診断装置は、物理的プロセスや化学的プロセスを利用してエネルギーや物質を生成するプロセスプラントの観測信号の異常を検知し、その原因を同定し、プラント運転員にその結果を提供するプラントの異常診断装置において、

(1) 正常なプラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性を記述した知識にもとづき、検知された異常およびその他の観測信号から異常原因候補を推定し、その候補から推定できるプロセス量の状態、機器の動作の変動と観測信号とが一致する原因候補を異常の第1原因と判定する手段を設けるとともに、

(2) プラントの運転モードを決めるパラメータをもとに、実時間でプラントの動的な挙動を模擬する手段と、この模擬結果をプラント観測値と比較し運転状態が変動するプラントの異常検知する手段と、さらに上記の模擬結果を異常原因の探索範囲の絞り込みに参照し原因を同定する手段を設けるとともに、

(3) プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性の知識を階層的に構造化した知識を格納した知識ベースと、検知された異常からこの階層構造を上層から下層に異常原因を探索し、異常第1原因が同定できない場合でも、知識ベースの上層の知識データベースから第1原因を含ん

だより広範囲の系統を原因として同定する手段を設けるとともに、

(4) プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性を記述した知識データベースと、異常状態を正常に復帰するために動作すべき機器が動作しない不動作故障を同定する手段を設けたものである。

#### [作用]

この発明においては、

(1) プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性を記述した知識からプラントの挙動を推定できるモデルが構成され、このモデルにより異常第1原因からの影響波及経路ををが発生した場合のプラントの挙動を推定でき、原因を同定する。

(2) プラントの運転モードを決めるパラメータから、運転状態が変動中のプラント全系の動的な挙動を定量的に推定し、観測値と比較することにより異常を検知する。さらに、検知した異常から第1原因を推定する場合に、定量的に推定した状態

機器の動作状態A2を読み込み、プラントデータベース(7)に記録するプロセス入力部(3)と、上記プラントデータベース(7)からプラント状態データBを入力し、知識データベース(9)に格納されたプロセス量の運転目標値の評価法J2に従い、目標値Cを計算し、上記プラントデータベース(7)に記録する運転目標値評価部(4)と、上記プラントデータベース(7)から読み込んだプロセス量の状態データF1とそのプロセス量の運転目標値F2の偏差と、知識データベース(9)に格納された異常判定用のしきい値J3から異常を検知し、検知した異常データGを上記プラントデータベース(7)へ記録する異常検知部(6)と、発電プラント(2)を構成する機器の機能的・構造的関係、物理的關係を記述したプラント機能知識J1を記録する知識データベース(9)と、上記プラントデータベース(7)から読み込んだ検知異常データH1、プラント状態データH2と、知識データベース(9)から読み込んだプラント機能知識Jにより異常第1原因の推論を行い、推論過程結果Iを前記プラン

と観測状態が一致するものを異常原因候補から除外することにより効率的に原因を推定できる。

(3) プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性の知識を階層的に構造化した知識から、プラントの挙動と機能を階層的に表現するモデルが構築され、検知された異常からこのモデルの階層構造を上層から下層に異常原因を探索する。異常第1原因が同定できない場合でも、モデルの上層により表現されている第1原因を含んだより広範囲の系統を原因として同定する。

(4) プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性を記述した知識からプラントの挙動を推定できるモデルが構成され、これにより、異常が発生した場合にプラント機器が動作すべき状態が推定できる。これにより、動作すべき機器が動作していない故障を同定する。

#### [実施例]

以下、本願の第1の発明の一実施例を図について説明する。第1図において、プラント異常診断装置(1)は、発電プラント(2)よりプロセス量A1、

トデータベース(7)へ記録し、診断結果Kを表示装置(10)へ出力する異常原因推論部(8)と、診断結果Kを運転員に分かりやすい形式に変換した結果LをCRT表示装置(11)に出力する処理を行う表示処理部(10)とからなる。

上記プラントデータベース(7)は、第2図に示すように、各プラントデータに関し、プラントデータベースの名称と、それぞれの観測値、運転目標値をまとめて記録する機構(21)と、異常判定結果(22)、推論結果(23)を記録する機構で構成する。

本願の第2の発明の一実施例を図について説明する。

第10図において、プラント異常診断装置(1)は発電プラント(2)よりプロセス量A1、機器の動作状態A2を読み込み、プラントデータベース(7)に記録するプロセス入力部(3)と、上記プラントデータベース(7)からプラント状態データBを入力し、知識データベース(9)に格納されたプロセス量の運転目標値の評価法J2に従い、目標値Cを計算し、上記プラントデータベース(7)に記

録する運転目標値評価部(4)と、上記プラントデータベース(7)から読み込んだプラント状態データDから各プロセス量と操作機器の動的な挙動状態Eを定量的に推定し、上記プラントデータベース(7)へ記録するプラントシミュレーション部(5)と、上記プラントデータベース(7)から読み込んだプラント状態データF1とプラントシミュレーション結果F2の偏差と、知識データベース(9)に格納された異常判定用のしきい値J3から異常を検知し、検知した異常データGを上記プラントデータベース(7)へ記録する異常検知部(6)と、発電プラント(2)を構成する機器の機能的・構造的関係、物理的関係を記述したプラント機能知識Jを記録する知識データベース(8)と、上記プラントデータベース(7)から読み込んだ検知異常データH1、プラント状態データH2と、知識データベース(9)から読み込んだプラント機能知識Jにより異常第1原因の推論を行い、推論過程結果Iを上記プラントデータベース(7)へ記録し、診断結果Kを表示装置(10)へ出力する異常原因推論部

作される物理量(物理量1)、(物理量2)、・・・をノードとし、それらの間で成立している関係をリンク(リンク1)、(リンク2)、・・・としたネットワークグラフで表現する。リンクの方向は、状態の変動が伝播する方向を表わす。プラントの状態変化は、このリンクの結合の方向に沿って伝播する変動状態を推定することにより予測する。

プラントは、明確な目的を持って設計されており、最上位の目的は、安全性の確保と、電力の発生と考える。この上位の目的を達成するため、幾つかの下位目標(機能)が設定され、全体として階層構造となる。上位の目的から下位の階層への機能の分解は、機能説明書等の設計図書から判断しモデルに反映する。本方式のモデル化では、この目的・機能は、その対象である物理量のある状態値とする事と等価であるという考えに基づき、抽象的な目的・機能の目標を観測あるいは定量的に評価可能な物理量(保有量、除熱量等)を用いて表現する。これにより、目的・機能の達成評価

(8)と、診断結果Kを運転員に分かりやすい形式に変換した結果LをCRT表示装置(11)に出力する処理を行う表示処理部(10)とからなる。

上記プラントデータベース(7)は、第11図に示すように、各プラントデータに関し、プラントデータベースの名称と、それぞれの観測値、運転目標値、プラントシミュレーション結果をまとめて記録する機構(221)と、異常判定結果(222)、推論結果(223)を記録する機構で構成する。

本願の第3、第4の発明の一実施例は、第1、第2の発明で示した実施例のいずれでもよい。

以下に、知識データベース(9)に格納されている診断対象の発電プラントの機能的関係、物理的関係を記述した知識に関して説明する。

診断は、プラントの多様な挙動を対象のモデルに基づいて推定することにより実行する。このモデルは、ある時点のプラントの状態から次の時点のプラントの状態を推定できるモデルで、第3図のように対象のプラントを構成している機器(機器1)、(機器2)・・・と、それらの機器で操

は、その目標となっている物理量の値により具体的に判定できる。物理量のモデル化では、このような目的・機能を表現するもの(目標物理量と呼ぶ)と、それを達成するために操作する物理量(操作物理量と呼ぶ)に区別し、機能的関係により結合する。例えば、目標物理量の加圧器水位と機能的関係にある操作物理量は加圧器充填・抽出流量偏差である。

このモデル化の考え方に基づいてプラントに関する知識を知識データベース(9)に格納する。このモデルに基づいた知識は、第4図、第5図に示したような構成要素(ノード)の定義に関する知識(1411)(1421)、構成要素間の関係(リンク)に関する知識(1412)(1422)～(1424)で構成する。

図に示したように、ノードの定義に関する知識は、物理量ノードについては、物理量の名称、目標物理量・操作物理量の分類、運転目標値を計算する定義式とその正常範囲等で構成し(1411)、機器ノードについては、機器の名称、弁・ポンプ等の機器の種類、運転目標値を計算する定義式とそ

の正常範囲等で構成する(1421)。

一方、リンクの定義に関する知識は、機器の動作と物理量の影響、その関係の強さ、機能的関係の有無に関する知識で構成し(1422)(1424)、物理保存則に従った物理量同士の関係、関係の強さ、機能的関係の有無に関する等で構成される(1412)(1423)。特に、物理量間の関係では、プラントの動特性による変動を定性的に予測するため質量、エネルギー保存則に従った変動を扱うために、これらのバランスを変動させる要因である入出流量偏差量も陽にモデルで表現し、影響波及先の質量、エネルギーを現す物理量と結合する。

本願の第3の発明では、知識ベースに第13図に示すような並列結合、直列結合などの機器の系統構成を階層化した知識も格納する。すなわち、機器には、安全性の向上のため、同一の機能を持つ同一機器を複数設置する場合がある。モデルでは、このような機器を一つにまとめ抽象的な機器として表現し、個々の機器とそれをまとめた抽象的機器とは構造的関係で結合する。例えば、圧力

上昇を防ぐための圧力差弁が並列に設置されている場合、各弁(311)～(313)と抽象化した並列弁(314)を構造的関係で結合する。また、機器の系統構成によつては、抽象化階層は複数ある場合がある(315)。

配管は、第14図のように、配管で破断が発生した場合に高压側の内容物の圧力減少が時間遅れなく及ぶ範囲を同一境界の配管としてモデル化する。一方、配管が破断した場合、配管外への影響は破断場所により異なる。従つて、同一境界の配管を配管外の影響が異なる部分に分割し、同一境界の配管と構造的関係で結合する。

以下、本願の第1の発明の動作について説明する。診断は、一定周期毎に第7図に示すプロセス入力(151)、運転目標値評価(152)、異常検知判定(153)、異常有無判定(154)を繰り返す。プロセス入力処理(151)は、プロセス入力部(3)で実行され、プラントからデータ入力を入力し、単位変換し、プラントデータベース(7)の該当場所に記録するステップである。

運転目標値評価(152)は、知識データベース(9)から運転目標値定義式を読み込み、この定義式で参照しているプラント状態データをプラントデータベース(7)から読み込んで計算し、プラントデータベース(7)の該当場所(121)に記録するステップである。

異常検知処理(153)は、知識データベース(9)から異常判定用の正常値範囲の読み込み、プラント状態データと運転目標値とこの正常範囲から異常を判定し、プラントデータベース(7)の該当場所(122)に記録するステップである。この比較方法としては、第8図に示したような方法が考えられる。ここで、横軸は観測値と運転目標値の偏差で、 $\epsilon$ は、正常範囲を決めるしきい値である。図のように、しきい値付近での異常判定の不確定さを回避するため、異常の判定に0.5から1の範囲の確信度を設ける。確信度の値が大きいほど、確実な判定であることを示す。異常の判定では、運転目標値よりプラント状態が大きい場合は、「高異常」とし、小さい場合は、「低異常」とする。この判

定により、「高異常」、「低異常」と判定されたプロセス量の名称をプラントデータベース(7)の該当場所122に記録する。

異常有無判定(154)は、プラントデータベース(7)に異常と判定されたプロセス量が(122)に存在するかどうか調べるステップである。ここで、異常と判定されたプロセス量が無ければ、異常第1原因推定処理を終了し、次の異常検知処理(151)に進む。異常と判定されたプロセス量があれば、その原因を推定する探索開始異常選択処理(155)に進む。

探索開始異常選択処理(155)から以降の異常原因の推定処理は、知識データベース(9)に格納されたプラントのモデルのネットワークの結合子の逆方向に辿ることにより行なう。これは、異常の影響は、ネットワークモデルの結合子の矢印の方向で伝播するという考え方に基づいている。第9図は、プラントのモデル上に以下に説明する原因探索の過程を示した図である。

探索開始異常選択処理(155)は、プラントデー

データベース(7)の検知異常プロセス量(122)から異常原因探索処理が実行されていない任意の一つを選び、その原因の同定処理開始点をネットワークモデル上で決定するステップである。選択した異常プロセス量の種類により、異常原因の探索開始点を次のように決める。

「異常プロセス量が操作物理量(181)ならば、その機能結合先の状態物理量(182)を異常原因探索開始点とする」

「異常プロセス量が状態物理量ならば、その物理量を異常原因探索開始点とする(182)」

探索開始異常有無判定(156)は、全ての検知異常プロセス量の異常原因の探索が行われているか調べるステップである。次に実行する第1原因推定処理(157)で、推定された第1原因とそれから影響を受ける全てのプロセス量の関係づけられる。従って、検知された原因と関係のない異常プロセス量が存在すれば、複数の原因が同時に発生していると判断し、その原因の探索を行う。本ステップにより、プラントに発生した全ての異常原因を

探索することになる。

探索開始点が無ければ、全ての検知異常プロセス量の原因探索が終了したことになるので、次の異常検知処理(151)に進む。

第1原因推定処理(157)は、異常原因探索開始点からネットワークモデルを辿り、異常原因を探索するステップである。

この第1原因推定処理は、第7図の異常波及経路候補推定処理(181)から始まる。この処理は、第1原因探索処理開始ノードに影響を与える可能性のあるノードの中から、異常影響を与えていると考えられるノードを選択するステップである。第1原因探索処理開始ノードに影響を与える可能性のあるノード(183、184)は、ノード間の関係に関する知識から判定する。例えば目標物理量が低下中あるいは正常状態が持続しているが、増加作用の制御機能が動作中であれば、減少作用の可能性のある機器の状態を仮定する。

この探索処理により、第1原因の候補となるノードがあるかどうかを判断する(182)。あれば、

その中の一つのノードを選び、次の異常影響波及確認処理(163)に進み、なければ、原因未確認と判定する(184)。

異常影響波及確認処理(163)は、仮定した第1原因の候補の影響を推定し、プラントの観測状態が推定した状態と一致しているかどうかにより第1原因仮説を確定するかどうかを判断するステップである。例えば、仮定した第1原因の候補(183)の物理量(185)への影響が減少作用で、影響先の物理量の状態が実際に減少中、あるいは、増加作用の機能(187)が動作中にも係わらず、物理量が変動していなければ、仮定が成立したと判断し、次の第1原因判定処理(165)へ進む。逆に、仮定した第1原因の候補(185)の物理量(186)への影響が減少作用で、影響先の物理量の状態が減少していないならば、仮定は成立しないと判断し、(184)から先の異常原因探索を中止し、別の異常波及経路へ異常原因の探索を進める(162)。

本ステップの処理により、第1原因の探索と同時に、第1原因から影響を受けて異常となってい

るプロセス量(185)が判明し、プラントデータベース(7)の検知異常プロセス量(122)の異常原因探索処理開始候補から(185)を削除することができる。これにより、同一の原因が多数の異常を引き起こしても、それを重複して探索する事なく効率的に診断ができる。

この異常影響波及確認処理により、第1原因の候補のノードが推定できれば、そのノードが第1原因か、第1原因の影響を受けているノードかどうかを判定する。基本的にノードが機器ノードであれば、第1原因とし、プラントデータベース(7)の該当場所(123)に記録し、処理は終了する(166)。物理量ノードであればさらに第1原因の探索を進める(169)。

第1原因の探索処理(167)は、再び第7図の異常波及経路候補推定処理(181)から始まる処理を再帰的に呼び出す。本処理により、異常の第1原因が確認されれば、処理は終了する(166)。確認されなければ、別の異常波及経路へ異常原因の探索を進める(162)。



同定第1原因有無判定(158)は、第1原因推定処理(157)により第1原因が同定されているかどうか調べるステップである。同定されていれば、同定結果表示処理(159)に進み、されていなければ、同定不能表示処理(1591)に進む。

同定結果表示処理(159)、同定不能表示処理(1591)では、所定の結果の表示処理を実行し、さらに原因の判明されていない異常原因探索処理に進む(155)。

次に、本願の第2の発明の動作について説明する。診断は、一定周期毎に第12図に示すプロセス入力(231)、プラントシミュレーション(2315)、運転目標値評価(232)、異常検知判定(233)、異常有無判定(234)を繰り返す。

プロセス入力処理(231)は、プロセス入力部(3)で実行され、プラントからデータ入力を入力し、単位変換し、プラントデータベース(7)の該当場所(221)に記録するステップである。

プラントシミュレーション計算処理(2315)は、プラントの運転モードを決める値、例えば、発電出

力信号等を入力とし、プラント全体の動的な挙動を計算し、プラントデータベース(7)の該当場所(221)に記録するステップである。

運転目標値評価(232)は、知識データベース(9)から運転目標値定義式を読み込み、この定義式で参照しているプラント状態データをプラントデータベース(7)から読み込んで計算し、プラントデータベース(7)の該当場所(221)に記録するステップである。

異常検知処理(233)は、知識データベース(9)から異常判定用の正常値範囲の読み込み、プラント状態データとプラントシミュレーション値とこの正常範囲から異常を判定し、プラントデータベース(7)の該当場所(222)に記録するステップである。この比較方法としては、本願第1の発明と同様の方法が考えられる。この方法により、プラントの運転モードが変動している場合でも、正常な挙動がプラントシミュレーションにより得られるので、高い精度で異常の検知ができる。

異常有無判定(234)以降の診断処理フローは、

本願第1の発明とほぼ同じである。処理の中で異なるのは、本願第1の発明の処理フロー図第7図における異常波及経路候補推定処理(161)の判定規則である。本願第2の発明では、第1原因探索処理開始ノードに影響を与える可能性のあるノードの中から異常影響を与えていると考えられるノードを探索する場合、プラントシミュレーションにより推定された値と観測値が同じ状態のノードは、異常の影響を受けていないとして探索候補から外す。これにより、プラント運転モード変動時に発生している多くの物理量の変動の中から効率的に異常波及経路を探索できる。

次に本願の第3の発明の動作について説明する。

発明の実施例の項でも述べたが、本発明の実施例は、本願発明の第1、第2いずれでも実現できる。ここでは第1の発明の実施例の場合の動作について説明する。

第1の発明と異なるのは、対象プラントのモデル化に構造的な情報が加えられていることである。この構造情報を利用することにより異常第1原因

が同定できない場合でも、知識ベースの上層の知識データベースから第1原因を含んだより広範囲の系統を原因として同定する。

第1の発明では、処理フロー第7図の処理ステップの第1原因推定(167)の結果、第1原因と考えられる機器が同定できなければ、別の候補を探索するステップに進む(162)。

本発明では、この部分の処理フローが、第15図のようになり、原因探索の過程は、第16図のようになる。

すなわち、第1原因推定(167)の結果、第1原因の候補となる機器(341)(342)を同定できる物理量の状態(345)が確認できなければ(331)、第1原因推定(165)で異常原因探索対象となっていたノード(343)が構造機器かどうか調べる(332)。このノード(343)が構造機器ならば、これを第1原因を含んだ機器と判断し、探索を終了する(166)。

これは、異常影響波及確認処理(163)によりこの構造機器ノード(343)が、異常影響波及経路上にあることが物理量(344)で確認されているので異

常原因候補としてもよい。一方、このノードが構成機器でなければ、別の候補を探索するステップに進む(162)。

次に本願の第4の発明の動作について説明する。

発明の実施例の項でも述べたが、本発明の実施例は、本願発明の第1、第2いずれでも実現できる。ここでは、第1の発明の実施例の場合の動作について説明する。

第1の発明と異なるのは、異常原因同定と同時に、発生した異常に対して動作すべき機器の不動作を診断する処理が追加されていることである。

第1の発明では、処理フロー第7図の処理ステップの異常波及経路候補推定処理(161)の結果、波及経路候補があれば、その仮説の確認処理に進む(163)。

本発明では、この部分の処理フローが第17図のようになり、原因探索の過程は、第18図のようになる。

すなわち、異常波及経路候補推定処理(161)と同時に、異常に対するプラント制御動作の確認を

実施する(411)。この処理は、異常原因探索対象の物理量(182)の異常変動を正常状態に復旧するために働くべき作用を推定し、その作用を持つノード(421)が動作しているかどうかを調べる。例えば、異常変動が高異常であれば、正常に復旧するために減少作用が動作すべきであることが推論できる。ノード(421)の実際の動作と推定した動作が一致していれば、制御機能が正しく働いていると判断し(412)、一致していなければ、制御動作不動作故障とする(413)。

なお、上記実施例は、原子力発電プラントを対象とした異常診断装置であるが、診断対象は、他の発電プラントだけでなく、物理的プロセスや、化学的プロセスを利用してエネルギーや物質を生成するプロセスプラントへ適用することは可能である。

#### [発明の効果]

以上のようにこの発明によれば、

(1) 正常なプラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性を記述した知識にもとづき、

を提供でき、

(4) プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性を記述した知識データベースと、異常状態を正常に復帰するために動作すべき機器が動作しない不動作故障を同定する手段を設けたので、異常を正常に復旧するための機能を有した機器の故障も異常の第1原因とともに同定できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本願の第1の発明によるプラント異常診断装置の一実施例の全体構成図、第2図は、その異常診断装置の一構成要素であるプラントデータベースの内部構成図、第3図は、診断対象のモデル化概念図、第4図、第5図は、診断対象の知識ベース内容例の表示図、第6図、第7図は、第1の発明の動作を示すフローチャート、第8図は異常程度を示す評価関数の特性図、第9図は、診断過程のモデル上での説明図、第10図は本願の第2の発明によるプラント異常診断装置の一実施例の全体構成図、第11図は、その異常診断装置の一構成要素であるプラントデータベースの内部

検知された異常およびその他の観測信号から異常原因候補を推定し、その候補から推定できるプロセス量の状態、機器の動作の変動と観測信号とが一致する原因候補を異常の第1原因と判定する手段を設けたので、異常発生時のプラントの多様な状態変動から異常原因を判断でき、

(2) プラントの運転モードを決めるパラメータをもとに実時間でプラントの動的な挙動を模擬する手段と、この模擬結果をプラント観測値を比較し運転状態が変動するプラントの異常検知する手段と、さらに上記の模擬結果を異常原因の探索範囲の絞り込みに参照し原因を同定する手段を設けたので、プラントの運転状態が変動している場合にも、精度良く異常を検知し、異常原因同定ができ、

(3) プラントの構成装置の特性・機能、物理量間に成立する特性の知識を階層的に構造化した知識を格納した知識ベースと、検知された異常からこの階層構造を上層から下層に異常原因を探索する手段を設けたので、異常第1原因が判明しない場合でも、異常原因を包含した異常事象として原因

構成図、第12図は、第2の発明の動作を示すフローチャート、第13図、第14図は本願の第3の発明による診断対象のモデル化例の表示図、第15図は、第3の発明の動作を示すフローチャート、第16図は、診断過程のモデル上での説明図、第17図は、本願の第4の発明の動作を示すフローチャート、第18図は、診断過程のモデル上での説明図、第19図は従来の診断方式によるプラント異常診断装置の一実施例の全体構成図、第20図は、その動作を示すフローチャート、第21図は、診断対象の知識ベース内容例の表示図である。

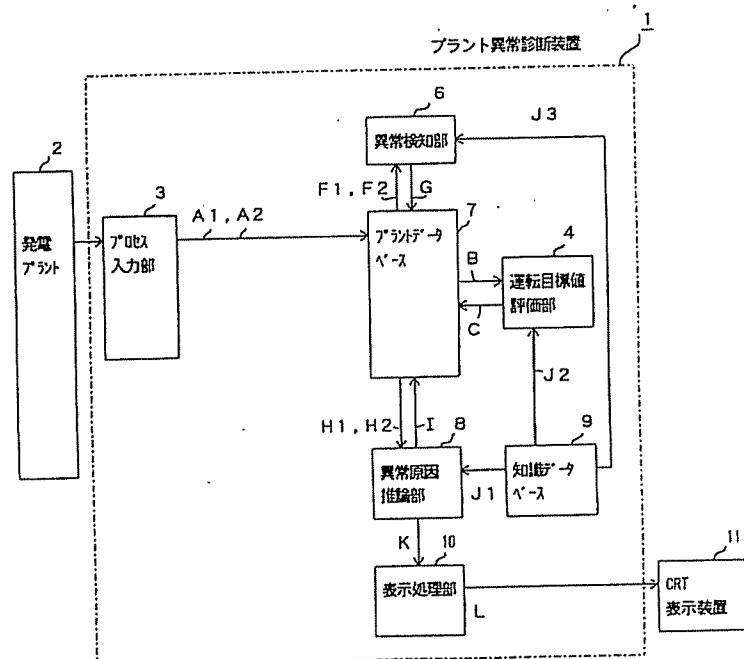
図において、(1)はプラントの異常診断装置、(2)は発電プラント、(3)はプロセス入力部、(4)は運転目標値評価部、(5)はプラントシミュレーション部、(6)は異常検知部、(7)はプラントデータベース、(8)は異常原因推論部、(9)は知識データベース、(10)は表示装置部、(11)は表示装置である。

なお、図中同一符号は、同一または相当部分を

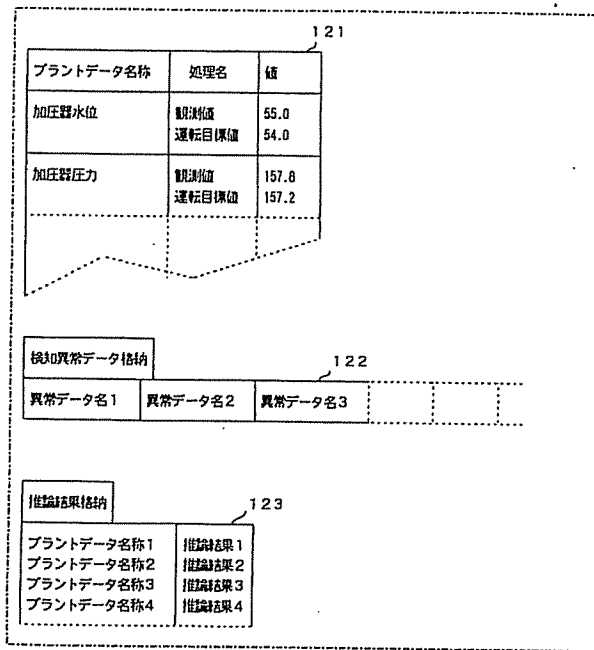
示す。

代理人 大岩 増 雄

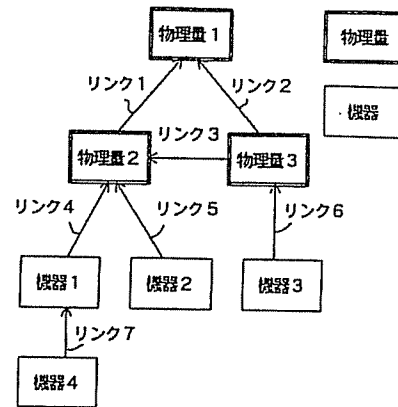
第 1 図



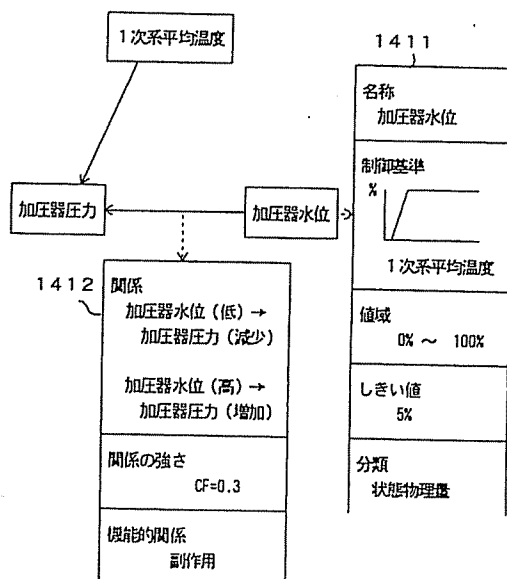
第 2 図



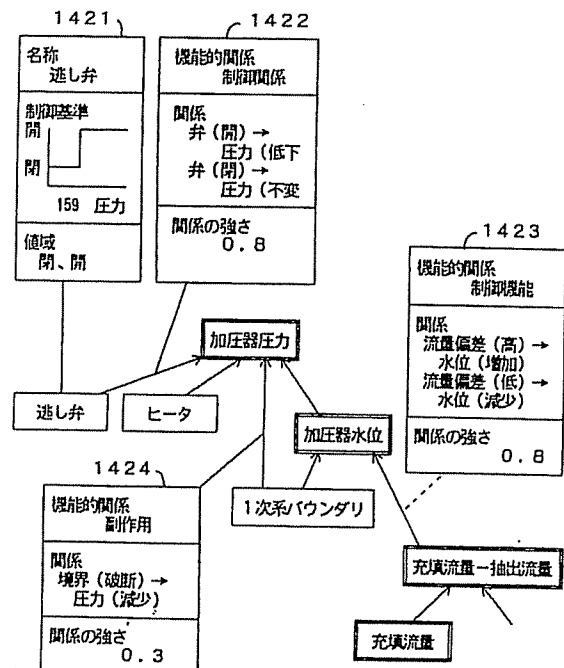
第 3 図



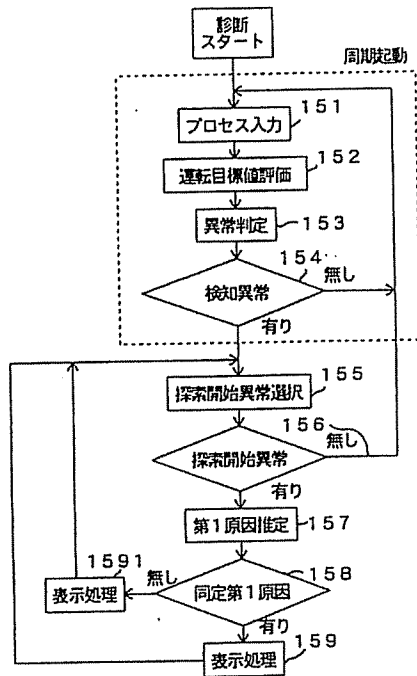
第 4 図



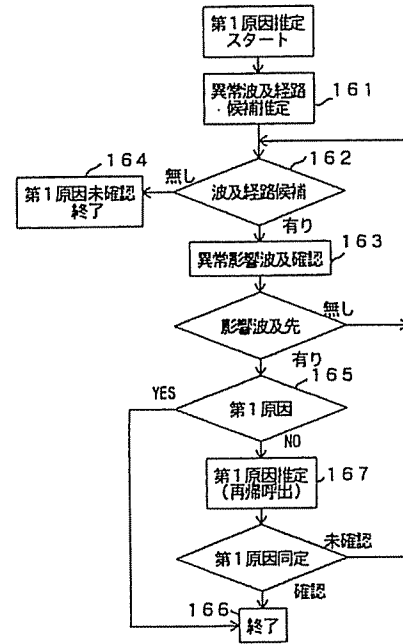
第 5 図



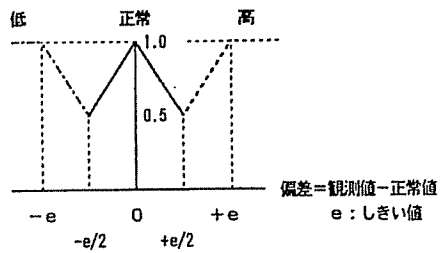
第 6 図



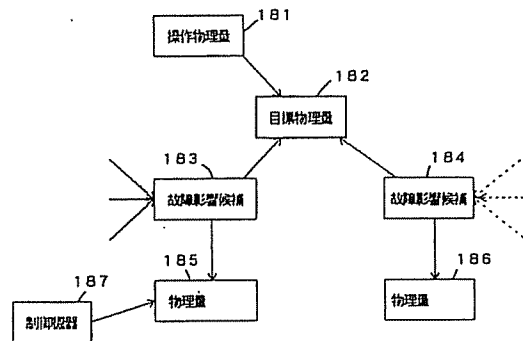
第 7 図



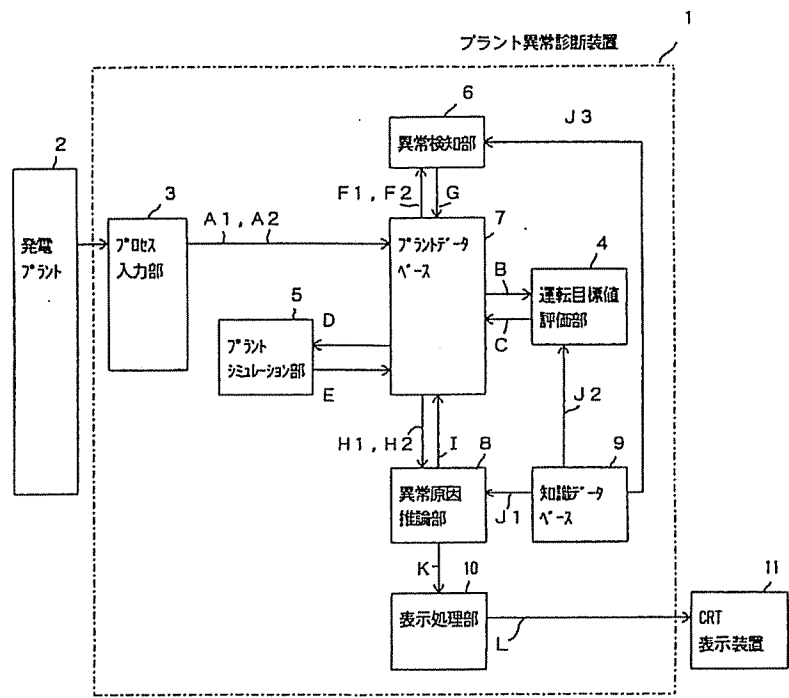
第 8 図



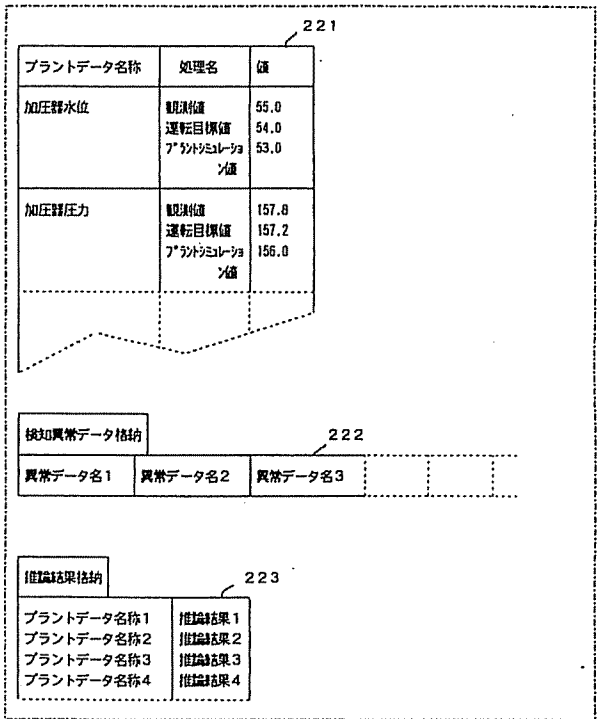
第 9 図



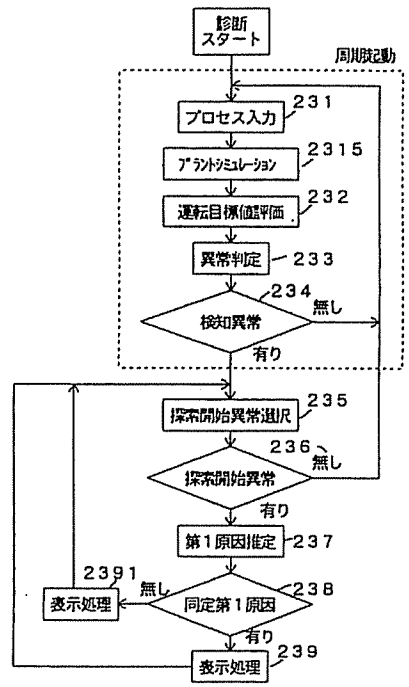
第 10 図



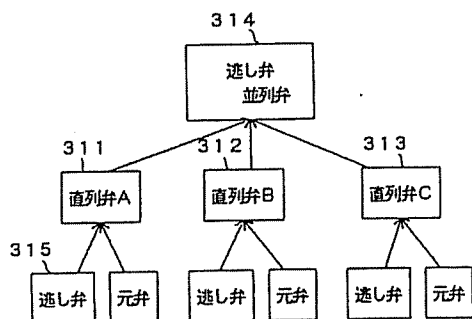
第 11 図



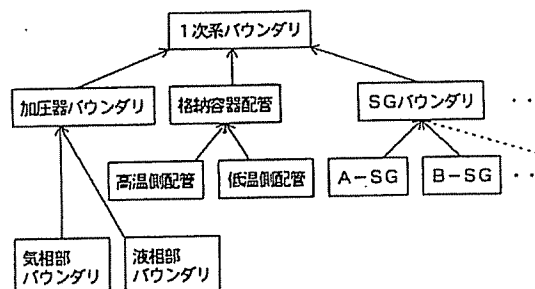
第 12 図



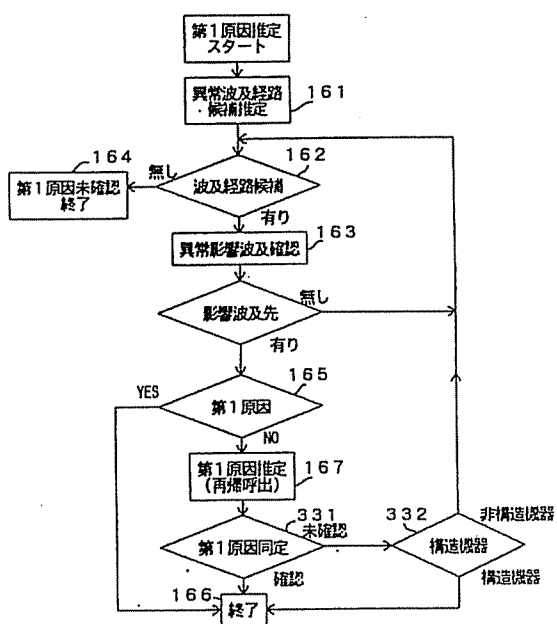
第 13 図



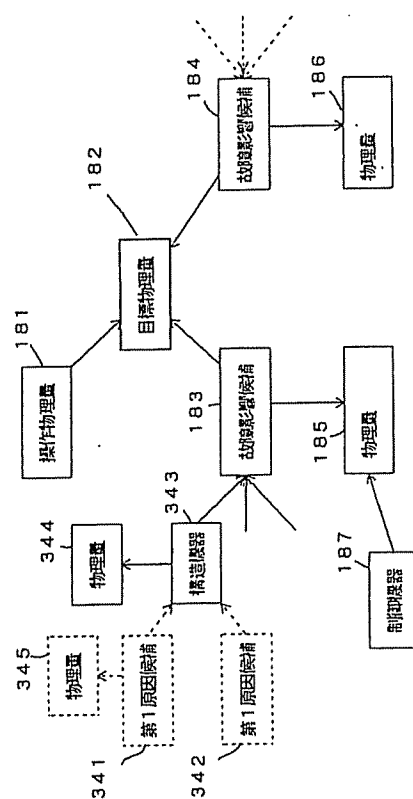
第 14 図



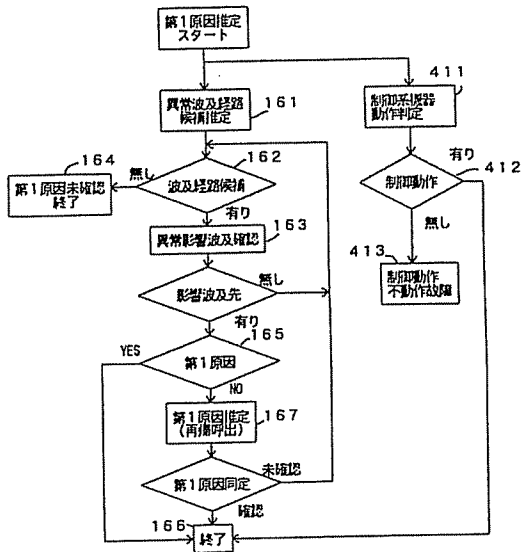
第 15 図



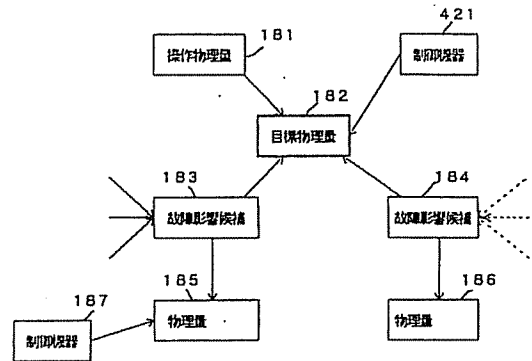
第 16 図



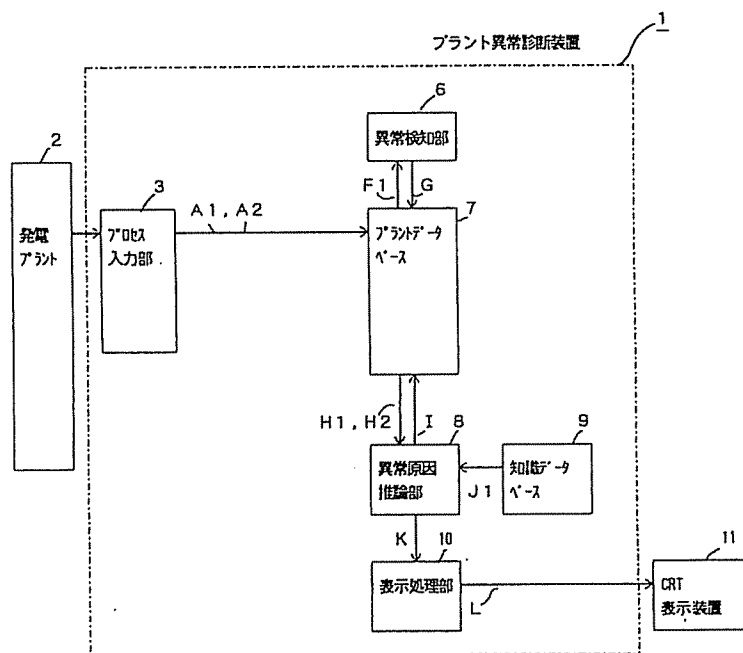
第 17 図



第 18 図

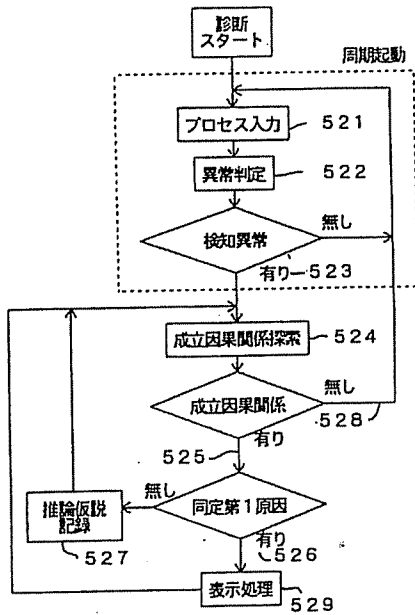


第 19 図





第 20 図



第 21 図

IF  
加圧器水位低 かつ  
充填流量 高  
THEN  
一次系バウンダリ破断

IF  
加圧器水位低 かつ  
充填流量 高  
SG水位高  
THEN  
SG細管破断